

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mateja Benjak

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

TROŠENJE NOŽA ZA KOSILICU

Mentor:

Doc.dr.sc. Suzana Jakovljević

Student:

Mateja Benjak

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam završni rad na temu „Trošenje noža za kosilicu“ izradila samostalno, uz savjete, stečena znanja tijekom studija na Fakultetu strojarstva i brodogradnje te koristeći navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentorici doc.dr.sc. Suzani Jakovljević na pristupačnosti, zalaganju, trudu te svim savjetima i pomoći u izradi ovoga završnog rada.

Želim se zahvaliti i kolegi, asistentu Ivanu Vovk, koji mi je pomogao oko eksperimentalnog dijela ispitivanja.

Zahvaljujem se i svojim roditeljima, sestrama, dečku, te svim prijateljima i kolegama na podršci i razumijevanju tokom studiranja.

Također se želim zahvaliti prijatelju Mariju Benko iz firme „NT-PROM d.o.o“ koji mi je donirao nož za kosilicu na kojem su provedena sva ispitivanja.

Mateja Benjak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomatske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Mateja Benjak**

Mat. br.: 0035188751

Naslov rada na
hrvatskom jeziku: **Trošenje noža za kosilicu**

Naslov rada na
engleskom jeziku: **Wear of lawn mower blades**

Opis zadatka:

Kosilica je stroj za košnju trave, djeteline, lucerne, za žetvu žitarica i dr. Košnja se obavlja s jednim ili više noževa koji stabljike režu slobodnim rezom ili rezom poput škara. Kod kosilice koja stabljike reže slobodnim rezom, noževi rotiraju velikom brzinom, pa stabljiku odsijecaju udarom. Noževi su pričvršćeni za osovinu, disk ili bubanj, kod nekih izvedbi rotiraju u horizontalnoj, a kod drugih u vertikalnoj ravnini.

Prilikom košnje dolazi do trošenja površine reznog dijela noža na mjestu dodira noža i trave.

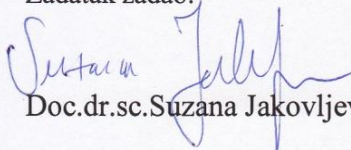
U radu je potrebno:

- 1) definirati materijale od kojih se izrađuju noževi za kosilice,
- 2) analizirati i opisati mehanizme trošenja koji se javljaju u kontaktu noža i trave,
- 3) na izabranom primjeru karakterizirati mikrostrukturu materijala izabranog noža za kosilicu,
- 4) analizirati rezultate i dati zaključak.

Zadatak zadan:

25. studenog 2015.

Zadatak zadao:


Doc.dr.sc.Suzana Jakovljević

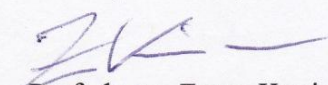
Rok predaje rada:

1. rok: 25. veljače 2016.
2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.
3. rok: 17. rujna 2016.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.
3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Zoran Kunica

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK.....	1
1. UVOD	2
2. KOSILICE ZA TRAVNJAKE.....	3
2.1 Cilindrične kosilice	3
2.2 Motorne kosilice sa rotirajućim nožem	4
2.3 Trimer kosilice	5
3. NOŽEVI ZA KOSILICE	6
3.1 Cilindrični noževi.....	6
3.2 Noževi za motorne kosilice sa rotirajućim nožem	7
3.2.1 Noževi sa podignutim stražnjim dijelom lopatica.....	8
3.2.1.1 Visoko podignuti noževi	8
3.2.1.2 Srednje podignuti (standardni) noževi	8
3.2.1.3 Nisko podignuti (ravni) noževi	9
3.2.2 Noževi za usitnjavanje	9
3.3 Polimerna nit i noževi za trimer kosilice.....	10
3.3.1 Polimerna nit	10
3.3.2 Noževi za trimere	10
4. TROŠENJE NOŽA ZA KOSILICU	12
4.1 Abrazija	12
4.2 Adhezija	12
4.3 Umor površine.....	13
4.4 Tribokorozija.....	13
4.5 Mehanizmi trošenja noža za kosilicu	13
5. MATERIJALI NOŽA ZA KOSILICU	15
6. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE.....	16
6.1 Uzorak	16
6.2 Kemijska analiza uzorka	18
6.2.1 Rezultati kemijske analize uzorka.....	18
6.3 Skenirajući elektronski mikroskop (SEM).....	18
6.3.1 Rezultati SEM-a	19
6.4 Analiza mikrostrukture.....	21
6.4.1 Priprema uzorka	21

6.4.2	Analiza na svjetlosnom mikroskopu	22
6.5	Energy Dispersive Spectrometry (EDS) mikroanaliza.....	24
6.5.1	Rezultati EDS-a.....	24
6.6	Mjerenje tvrdoće	28
6.6.1	Rezultati mjerenja tvrdoće	28
7.	ZAKLJUČAK	30
8.	LITERATURA.....	31

POPIS SLIKA

Slika 1. Prva kosilica Edwina Budding, [2]	2
Slika 2. Cilindrična gurajuća kosilica, [5]	3
Slika 3. Traktorska kosilica motorna kosilica sa rotirajućim nožem, [7]	4
Slika 4. Obična ručna motorna kosilica sa rotirajućim nožem, [7]	4
Slika 5. Trimer kosilica sa polimernom niti, [8]	5
Slika 6. Osovina trimer kosilice sa polimernom niti i sa trokrakim nožem, [9]	5
Slika 7. Cilindrični nož, [11]	6
Slika 8. Bujanj kosilice sa rotirajućim nožem, [7]	7
Slika 9. Nož kosilice sa okruglim utorom i 2 vanjska utora za osovinu, [13]	7
Slika 10. Nož kosilice sa zvjezdastim utorom za osovinu, [14]	7
Slika 11. Nož sa visoko podignutim stražnjim dijelom lopatica, [16]	8
Slika 12. Standardni nož, [17]	8
Slika 13. Ravni nož, [19]	9
Slika 14. Nož za usitanjavanje, [21]	9
Slika 15. Polimerna nit za trimer kosilice, [23]	10
Slika 16. Trokraki nož za trimer kosilice, [26]	11
Slika 17. Cirkularni nož za trimer kosilice, [27]	11
Slika 18. Potrošena oštrica noža nakon razdoblja vegetacije, [31]	14
Slika 19. Oštećen stražnji rub noža	14
Slika 20. Standardni nož širine reza 460 mm sa križnim utorom i 2 vanjska utora, [33]	16
Slika 21. Nož na kojem su provedena ispitivanja (prikazana je gornja strana, koja je okrenuta prema osovini kosilice)	16
Slika 22. Gornja, lijeva strana noža	16
Slika 23. Donja, lijeva strana noža	17
Slika 24. Gornja, desna strana noža	17
Slika 25. Donja, desna strana noža	17
Slika 26. Pripremljeni uzorak na nosaču u komori SEM-u	19
Slika 27. Prikaz oštrice noža snimljene na SEM-u	20
Slika 28. Prikaz oštrice noža snimljene na SEM-u	20
Slika 29. Prikaz uzorka 1 i uzorka 2 za daljnju analizu	21
Slika 30. Mikrostruktura sredine uzorka 1 u nagriženom stanju, povećanje 200x	22
Slika 31. Mikrostruktura sredine uzorka 1 u nagriženom stanju, povećanje 1000x	22
Slika 32. Mikrostruktura ruba uzorka 1 u nagriženom stanju, povećanje 200x	23
Slika 33. Mikrostruktura ruba uzorka 1 u nagriženom stanju, povećanje 1000x	23
Slika 34. Mikrostruktura uzorka 2 u nagriženom stanju, povećanje 500x	24
Slika 35. EDS analiza uzorka (spektar 1)	25
Slika 36. Prikaz kemijskih elemenata (spektar 1)	25
Slika 37. Prikaz kemijskih elemenata (spektar 2)	26
Slika 38. EDS analiza uzorka (spektar 2)	26
Slika 39. EDS analiza oštrice noža	27
Slika 40. Prikaz kemijskih elemenata oštrice noža	27
Slika 41. Vickersova metoda, [39]	28

POPIS TABLICA

Tablica 1. Rezultati kemijske analize osnovnog materijala noža.....	18
Tablica 2. Atomi i maseni udio elemenata uzorka (spektar 1)	25
Tablica 3. Atomi i maseni udio elemenata uzorka (spektar 2)	26
Tablica 4. Atomi i maseni udio elemenata oštice noža	27
Tablica 5. Rezultati mjerenja sredine uzorka	28
Tablica 6. Rezultati mjerenja ruba uzorka.....	29

POPIS OZNAKA

F - sila (N)

F_N - normalna komponenta opterećenja (N)

F_t - tangencijalna komponenta opterećenja (N)

N - Newton, jedinica za silu

SAŽETAK

U današnje vrijeme ne može se zamisliti rad u vrtu, voćnjaku ili vinogradu bez strojeva koji olakšavaju i ubrzavaju posao.

Najvažniji strojevi u vrtu uglavnom su kosilice, kopačice, prskalice te usitnjivači granja i korova. Kod košnje travnjaka, cilj je da taj travnjak bude što ljepše uređen, te naravno, pokošen, što se postiže kosilicama, kod kojih je najvažniji dio cjelokupne opreme nož. Što je nož, odnosno oštrica, bolje kvalitete i bolje naoštrena, te što sami nož obuhvaća veću površinu reza, omogućava se brža i lakša košnja, a time i ljepši izgled travnjaka nakon košnje.

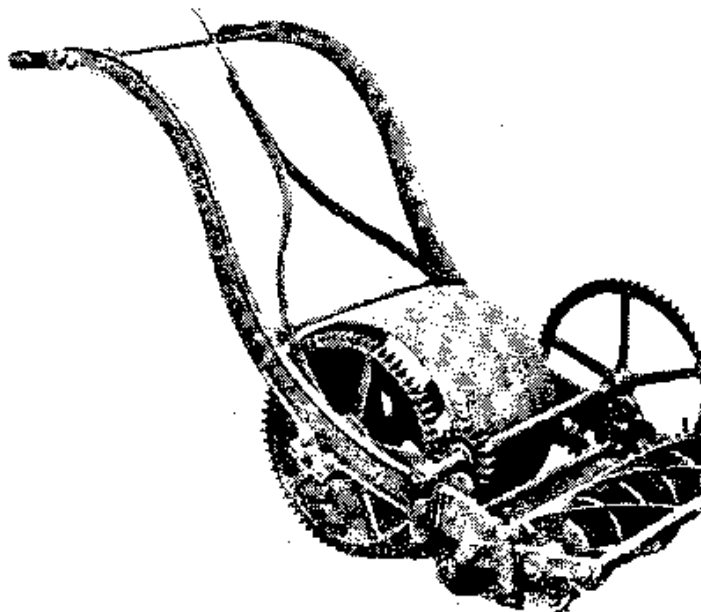
U uvodnom dijelu ovog završnog rada prikazane su vrste kosilica, vrste i podvrste noževa za kosilice, najčešći problemi koji se javljaju kod noževa, te su navedeni materijali noža kojima se može obaviti košnja.

U eksperimentalnom dijelu određen je kemijski sastav noža, ispitani su tragovi trošenja na nožu, određena je mikrostruktura te je pomoću Vickersove metode izmjerena tvrdoća sredine i ruba noža.

U zaključku je predloženo kako bi se mogla poboljšati svojstva noža, čime mu se produžuje vijek trajanja.

1. UVOD

Prve zamisli o konstrukciji kosilica pojavile su prije više od 180 godina, kada je Edwin Budding iz Gloucestershire-a, Engleska, konstruirao kosilicu koja je bila izrađena od lijevanog čelika, kao i nož. Bila je opremljena sa velikim stražnjim valjkom dok je s prednje strane bio valjak sa oštricama, (slika 1). Prenašanjem snage sa stražnjeg valjka preko zupčanika na prednji valjak, dolazilo je do košenja trave. Kosilica se je najviše koristila za košnju golf terena i velikih površina, [1].



Slika 1. Prva kosilica Edwina Budding, [2]

Početkom 20-og stoljeća, počela je proizvodnja prvih traktorskih i samohodnih kosilica pogonjenih motorom s unutrašnjim izgaranjem, a oko 1960-ih dolazi do uvođenja plastičnih dijelova, čime se smanjuje težina kosilice kao i cijena, dok se kasnije razvio i mehanizam za rezanje, uključujući cilindar noževa, oštricu noža, način usitnjavanja trave nožem, te podizanje i spuštanje visine kotača, čime se omogućava različit otkos, [1].

U današnje vrijeme proizvode se i samohodne, automatski (računalno) upravljane električne kosilice napajane iz sunčanih baterija, koje mogu samostalno održavati travnjak površine do 1200 m², a kojima se praktična upotrebljivost tek treba dokazati, [3].

2. KOSILICE ZA TRAVNJAKE

Danas se kosilice proizvode u različitim izvedbama, ovisno o njihovoj namjeni. Kosilice namijenjene uređenju vrta i okućnice te košnji manjih travnjaka, lagane su i jednostavne za rukovanje, najčešće s horizontalno rotirajućim noževima. Pogonjene su elektromotorom (s akumulatorom ili priključkom na električnu mrežu) ili malenim benzinskim motorom. Opremljene su kotačima pa se guraju ili su samohodne, katkad i bez kotača, a katkad izvedene u obliku maloga traktora. Neke od njih tijekom košnje istodobno melju travu te ju skupljaju u košaru kojom su opremljene ili ju radi prihrane, ostavljaju na travnjaku. Površine travnjaka koje se mogu obrađivati kreću se od 300 pa do 10.000 m², što naravno ovisi o tipu kosilice, motoru, potrošnji goriva, te naravno, kvaliteti noža, [3].

Ručne kosilice za uređenje rubova travnjaka te košnju na teže prohodnim terenima najčešće su trimeri, a izvode se i s parovima noževa, kakve su i motorne škare za obrezivanje živice, [3].

Današnje kosilice za travnjake dijelimo u 3 skupine, [4]:

- cilindrične kosilice
- motorne kosilice sa rotirajućim nožem
- trimer kosilice.

2.1 Cilindrične kosilice

Cilindrične kosilice (slika 2.) mogu se gurati ručno, ili ih mogu pokretati mali benzinski ili električni motori, [4].



Slika 2. Cilindrična gurajuća kosilica, [5]

Na cilindričnoj kosilici valjkaste lopatice i nepomična oštrica sijeku travu poput škara. Valjak okreću kotači, a kod nekih kosilica kotači služe i za ravnjanje trave. Na kosilicu se može

priključiti dodatak za sakupljanje odrezane trave. Postoje i velike kosilice u koje se vrtlar može popeti, [6].

2.2 Motorne kosilice sa rotirajućim nožem

Kosilice sa rotirajućim nožem mogu biti samohodne, velike traktorske sa sjedalom za vozača (slika 3.), električne, te ručne koje treba gurati (slika 4.), [4].



Slika 3. Traktorska kosilica motorna kosilica sa rotirajućim nožem, [7]



Slika 4. Obična ručna motorna kosilica sa rotirajućim nožem, [7]

Kod takvih kosilica, nož rotira velikom brzinom i ostrim bridovima siječe travu. Kotači kosilice mogu se spuštati ili podizati prema potrebi terena, čime se dobije različita visina

otkosa (uglavnom je optimalna visina između 3,5 i 5 cm). Kosilice sa rotirajućim nožem mogu biti opremljene košarama za travu, ili bočnim otvorima za izbacivanje trave, [4]. Ukoliko imaju košare, kosilice se ne smiju uključivati bez njih jer ispod noža pršti zemlja i krupniji komadići trave pa može doći do ozljeda. Prilikom košnje kosilicama sa rotirajućim nožem treba imati čvršću obuću, zaštitu za oči te duge hlače kako bi se mogle spriječiti moguće povrede tokom košnje, [4].

2.3 Trimer kosilice

Trimer kosilice mogu biti motorne i električne, sa polimernom niti (slika 5. i 6.) ili nožem (slika 6), [4].



Slika 5. Trimer kosilica sa polimernom niti, [8]

Princip djelovanja trimera je taj da se na osovini nalazi bubanj (glava) sa namotanom polimernom niti koja rotacijom reže travu. Trimer kosilice pogodne su za nepristupačne terene, kamenjar, te svugdje gdje kosilica sa rotirajućim nožem ne može kositi, [4].

Isto tako, umjesto glave sa polimernom niti, na osovinu se mogu staviti i različiti tipovi noževa koji se primjenjuju za gusto raslinje, šikaru, ili čak za obaranje mladog drveća.



Slika 6. Osovina trimer kosilice sa polimernom niti i sa trokrakim nožem, [9]

Iako trimer kosilica ima zaštitu protiv prskanja sitnih dijelova, one predstavljaju veliku opasnost po osobu koja kosi, za osobe u blizini, te za predmete, pogotovo automobile koji se nalaze u neposrednoj blizini, stoga treba oprezno kositi sa njima, a zaštita je obavezna, pogotovo za oči, kao što je potrebna i odgovarajuća obuća, [4].

3. NOŽEVI ZA KOSILICE

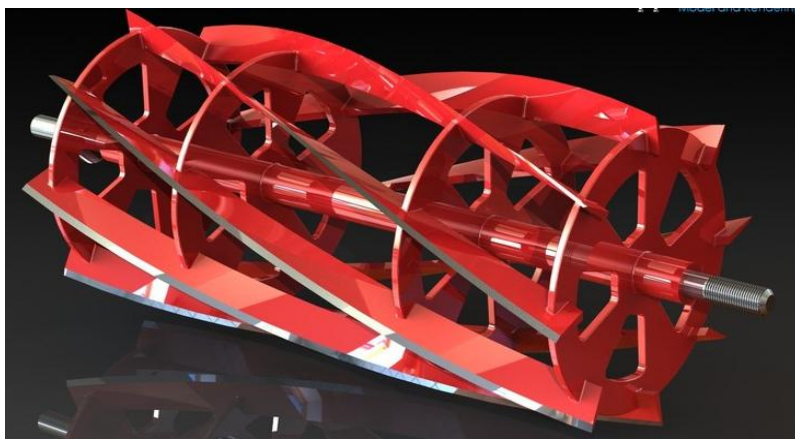
Noževi kosilica sastavni su dio same kosilice. Košnja se obavlja s jednim ili više noževa koji stabljike režu slobodnim rezom ili rezom poput škara. Kod kosilica koje stabljike reže slobodnim rezom, noževi rotiraju velikom brzinom, pa stabljiku odsijecaju udarom. Noževi su pričvršćeni za osovinu, disk ili bubanj. Kod nekih izvedbi rotiraju u horizontalnoj, a kod drugih u vertikalnoj ravnini. Na istom principu radi i trimer, u kojem, velikom brzinom rotira polimerna niti ili nož, [3].

Obzirom na vrste kosilica za travnjake, postoji nekoliko tipova noževa, [10]:

- cilindrični noževi
- noževi sa podignutim stražnjim dijelom lopatica, koje dijelimo na:
 - visoko podignute noževe
 - srednje podignute (standardne) noževe
 - nisko podignute (ravne) noževe
- noževi za usitnjavanje
- polimerna nit i noževi za trimer kosilice

3.1 Cilindrični noževi

Kod cilindričnih noževa (slika 7.), koji se koriste jedino kod cilindričnih kosilica, nepomične oštrice zavarene su unutar 3 do 7 spiralnih lopatica, koje su zavarene na osovinu, koju pokreću kotači. Oštrice režu travu poput škara, [10].



Slika 7. Cilindrični nož, [11]

Postoje različiti setovi za čišćenje i oštrenje noževa.

Nedostatak ovih noževa je da ukoliko dođe do puknuća, nož se ne može zamijeniti, za razliku od ostalih noževa, već je potrebno zamijeniti čitavu kosilicu, [10].

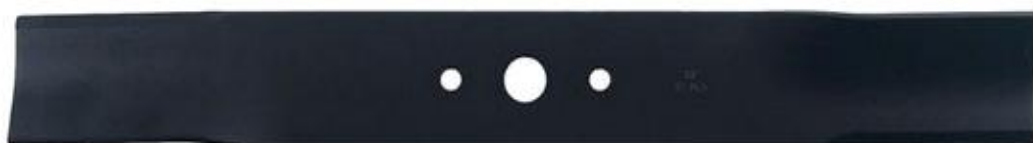
3.2 Noževi za motorne kosilice sa rotirajućim nožem

Rotirajući noževi mogu biti različitih debljina, širina, duljina i različitih dizajna. Debljine mogu varirati od 2,5 do 8,5 mm, širine noževa kreću se od 38 mm pa čak do 108 mm, dok duljine, koje se mjere dijagonalno i koje ujedno predstavljaju i širinu reza, kreću se od nekih 180 mm do 840 mm. Nož se nalazi u kućištu kosilice (slika 8.), [12].



Slika 8. Bubanj kosilice sa rotirajućim nožem, [7]

Noževi mogu imati i različit središnji utor kojim se pričvršćuju za osovinu. Utor može biti okrugli (slika 9.), križni ili zvjezdasti (slika 10.), te uz to, noževi mogu sadržavati i 2 vanjska okrugla utora (slika 9.), radi što boljeg pričvršćenja za osovinu kućišta, ali to ovisi od proizvođača do proizvođača kosilice, [12].



Slika 9. Nož kosilice sa okruglim utorom i 2 vanjska utora za osovinu, [13]



Slika 10. Nož kosilice sa zvjezdastim utorom za osovinu, [14]

3.2.1 Noževi sa podignutim stražnjim dijelom lopatica

Većina današnjih kosilica dolazi opremljena s nožem s podignutim stražnjim dijelom lopatica, odnosno podignutim krajevima, kojima se omogućava lakši otkos, tj., dolazi do lakšeg i bržeg punjenja košare, ili kod kosilica koje ne sadrže košaru, omogućeno je brže odnošenje trave, čime dolazi do manjeg začepljenja kućišta noža. Postoje 3 vrste takvih noževa, [15].

3.2.1.1 Visoko podignuti noževi

Visoko podignuti noževi mogu se prepoznati po velikom ulaznom kutu na stražnjem dijelu lopatica (slika 11.), čime dolazi do brže i učinkovitije košnje trave, ali kako je radi viših lopatica brži protok zraka, dolazi također do bržeg i učinkovitijeg sakupljanja trave, tj. punjenja košare, ili kod kosilica bez košare, do bržeg bočnog izbacivanja trave, [15].



Slika 11. Nož sa visoko podignutim stražnjim dijelom lopatica, [16]

Ovakvi noževi zahtijevaju veće snage motora, i nije poželjno da je trava presitna, jer tijekom košnje, dolazi do začepljenja košare, odnosno kućišta, [15].

3.2.1.2 Srednje podignuti (standardni) noževi

Najveći postotak današnjih kosilica sadrži nož sa srednje podignutim stražnjim dijelom lopatica, odnosno, standardni nož (slika 12.). Noževi se mogu prepoznati po blagom ulaznom kutu na stražnjem rubu lopatica, čim se stvara lagani protok zraka, koji je najbolje iskorišten za sakupljanje trave, odnosno punjenje košare, [15].



Slika 12. Standardni nož, [17]

Primjena standardnih noževa najbolja je za velike površine travnjaka, ali i za osobe koje nisu osjetljive ukoliko ostane nešto pokošene trave na travnjaku. Radi toga što nemaju previsoke lopatice, često može doći do začepljenja otvora kod košare, jer ne dolazi do tako velike propusnosti zraka kao kod noža sa visoko podignutim stražnjim dijelom lopatica, [15].

3.2.1.3 Nisko podignuti (ravni) noževi

Nisko podignuti noževi imaju lagano povišene stražnje dijelove lopatica, sa vrlo malim ulaznim kutem pa se nazivaju još i ravnim nožem (slika 13.), [18].

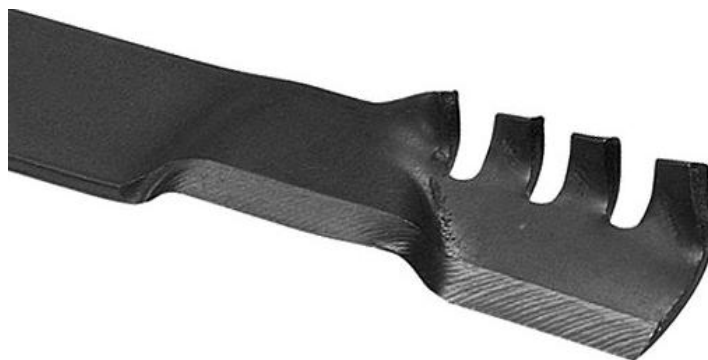


Slika 13. Ravni nož, [19]

Ravni noževi najbolji su za košnju kod suhih uvjeta, gdje je prisutna veća količina pjeskovitog tla i za košnju kraće visine trave. Obzirom na to da nož ima vrlo mali ulazni kut, ne postoji mogućnost usisavanja trave, odnosno primjena košare za sakupljanje trave, stoga dolazi do bočnog izbacivanja trave. Takvi noževi ne zahtijevaju velike snage motora, [20].

3.2.2 Noževi za usitnjavanje

Posljednja vrsta noževa su noževi za usitnjavanje. Ova oštrica može se lako prepoznati po izduženom sječivu koje obično obuhvaća dobru većinu noža (slika 14.), [15].



Slika 14. Nož za usitanjavanje, [21]

Cilj ovog noža je da usitni travu u izuzetno male komadiće, čime nema potrebe za košarama, jer takvi sitni ostaci ostaju na površini travnjaka, gdje lako istrunu i služe kao gnojivo travnjaku, čime dolazi do boljeg izgleda travnjaka, [15].

3.3 Polimerna nit i noževi za trimmer kosilice

Trimer kosilice koriste se za nepreglednije terene, a na osovini može biti pričvršćena glava sa polimernom niti ili nož manjih dimenzija i različitijeg oblika od noževa kod cilindričnih i kod kosilica sa rotirajućim nožem.

3.3.1 Polimerna nit

Polimerna nit (slika 15.) smještena je u plastičnom bubnju (glavi) i izvučena je kroz jednu ili dvije rupice koje se nalaze na bubnju, te je odrezana na dužinu od 15-20 cm. Postoji i bubanj sa 4 rupice, ali se rjeđe koristi. Prilikom košnje, nit rotira velikom brzinom te tako reže travu. Postoje različite niti, ali tanja je fleksibilnija (najbolja nit je debljine 1,5 mm), jer time dolazi do brže košnje, [22].



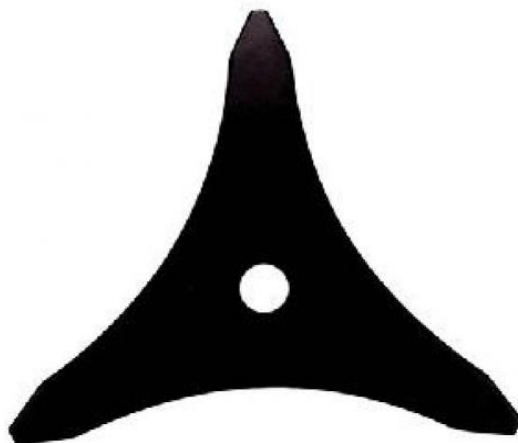
Slika 15. Polimerna nit za trimmer kosilice, [23]

Polimerna nit troši se puno brže za razliku od metalnih oštrica koje su po svojoj prirodi jače od polimernih niti, oštrije su, i daju čišći i pravilniji rez trave, što rezultira urednijim travnjakom ili vrtom, [15].

3.3.2 Noževi za trimere

Noževi se montiraju na osovinu trimmer kosilica, a mogu biti različitih oblika, dvokrakni, trokrakni (slika 16.), pa čak i četverokrakni, čiji su vanjski promjeri uglavnom oko 200 do 300 mm, najčešće debljine oko 3 mm. Često se koriste i cirkularni noževi (slika 17.) sa 8 pa do preko 100 zuba, čije se debljine kreću od 1,5 mm do 2 mm, dok se vanjski promjeri takvih noževa kreću od 200 do 250 mm, što naravno ovisi od proizvođača do proizvođača, [25].

Kao i kod klasičnih kosilica, ni kod trimmer kosilica takvi ravni noževi ne zahtijevaju velike snage motora.



Slika 16. Trokraki nož za trimer kosilice, [26]



Slika 17. Cirkularni nož za trimer kosilice, [27]

Noževi kod trimer kosilica koriste se rijede nego polimerna nit, barem što se tiče košnje trave, ali su izuzetno pogodni za sječu šikara, granja, mladog drveća i slično.

4. TROŠENJE NOŽA ZA KOSILICU

Tribologija je znanstveno-stručna disciplina koja se sveobuhvatno bavi problemima trenja i trošenja, [27].

Glavna područja primjene tribologije su, [27]:

- mehaničke konstrukcije
- materijal
- obradba materijala
- podmazivanje (ulja, masti, aditivi)

Trošenje je postupni gubitak materijala s površine krutog tijela uslijed dinamičkog dodira s drugim krutim tijelom, fluidom i/ili česticama, [27].

Postoje 4 osnovna mehanizma trošenja, [27]:

- abrazija
- adhezija
- umor površine
- tribokorozija

Mehanizmi trošenja opisuju se jediničnim događajima. Jedinični događaj je slijed zbivanja koji dovodi do odvajanja jedne čestice trošenja s trošene površine. On uvijek uključuje proces nastajanja pukotina i proces napredovanja pukotina, [27].

4.1 Abrazija

Abrazija je trošenje istiskivanjem materijala, uzrokovano tvrdim česticama ili tvrdim izbočinama, [27].

Sastoji se od dva jedinična događaja, [27]:

- prvi se sastoji od prodiranja abrazivne čestice u osnovni materijal pod djelovanjem normalne komponente sile F_N .
- drugi se sastoji od istiskivanja materijala u obliku čestice trošenja pod djelovanjem sile F_t ,

Mogu se pojaviti dvije vrste abrazije, [27]:

- abrazija u dodiru dvaju tijela
- abrazija u dodiru triju tijela

4.2 Adhezija

Adhezijsko trošenje karakterizira prijelaz materijala s jedne klizne plohe na drugu pri relativnom gibanju, zbog procesa zavarivanja krutih faza, [27].

Jedinični događaj adhezije može se opisati u tri faze, [27]:

- u prvoj nastaje adhezijski spoja na mjestu dodira, različitog stupnja jakosti
- u drugoj fazi dolazi do raskidanja adhezijskog spoja, čestica trošenja ostaje spontano nalijepljena na jednom članu kliznog para
- u trećoj fazi dolazi do eventualnog otkidanja čestice trošenja, čestica trošenja je uglavnom listićasta, ali ovisi o uvjetima trošenja

4.3 Umor površine

Umor površine je odvajanje čestica s površine uslijed cikličkih promjena naprezanja, [27]. Jedinični događaj umora površine sastoji se od tri faze, [27]:

- u prvoj fazi stvara se mikropukotina ispod površine
- u drugoj fazi pukotina napreduje
- u trećoj fazi čestica trošenja ispada u obliku pločice ili iverka

4.4 Tribokorozija

Tribokorozija ili tribokemijsko trošenje je mehanizam trošenja pri kojem prevladavaju kemijske ili elektrokemijske reakcije materijala s okolišem, [27].

Jedinični događaj tribokorozije se sastoji od dvije faze, [27]:

- u prvoj fazi produkta korozije
- u drugoj fazi dolazi do mjestimičnog razaranja sloja produkta korozije

4.5 Mehanizmi trošenja noža za kosilicu

Prilikom košnje trave dolazi do trošenja oštrice i odnošenja djelića oštrice noža, odnosno, dolazi do abrazije na što najviše utječe trava, ali također, jako veliki utjecaj ima i mekana prepreka, odnosno krtičnjak ili zemlja, koja najviše i uzrokuje trošenje i odnošenje oštrice noža, [28].

Isto tako, pri radu kosilice, kada je trava visoka, gusta ili mokra, ili čestim nailaskom na zemlju, dolazi do stvaranja naslaga trave i zemlje na nožu kosilice koje se stvrdu. Iako se te naslage kasnije čiste, može se dogoditi da sitne čestice ostanu „nalijepljene“ na površini noža, odnosno, dolazi do adhezije, [29].

Nailaskom na veći komad drveta, kamen ili drvo, osim što dolazi do trošenja oštrice, može doći do oštećivanja osovine radilice, što predstavlja veliki trošak oko popravka. Takav popravak često nadmašuje vrijednost same kosilice, pa je neisplativ, stoga treba izbjegavati bilo kakve terene na kojima prevladava kamen, panjevi, neravnine i slično, [28].

Prema regiji, svojstvima travnjaka, vremenskim uvjetima i slično, potrebno je čak 20 do 25 košnji u razdoblju vegetacije od sredine travnja do kraja listopada, što dovodi do znatnog trošenja oštrice (slika 18.) i time se ne postiže kvalitetan rez trave, manji je učinak, a veća potrošnja goriva, [30], tako da se na početku svake sezone preporuča da se nož, odnosno oštrica izbrusi, a time treba obratiti pažnju na balasniranje. Nož se balansira tako da se izbrusi ona strana koja prevaguje radi postizanja ravnomjernog opterećenja na osovinu kosilice i radilicu motora, [4]. Naravno, to je moguće samo ukoliko je nož primjenjiv za daljnju košnju, odnosno daljnje razdoblje vegetacije.



Slika 18. Potrošena oštrica noža nakon razdoblja vegetacije, [31]

Vrlo često, radi brze rotacije noža i česte uporabe, trava uzrokuje značajno oštećenje noža, što je vidljivo na slici 19., pogotovo ako je trava gusta i visoka, čime nož postaje neprimjenjiv za daljnju uporabu.



Slika 19. Oštećen stražnji rub noža

5. MATERIJALI NOŽA ZA KOSILICU

Izgled i kvaliteta travnjaka ovisi o redovitoj, pravodobnoj i kvalitetnoj košnji. Tokom košnje dolazi do brze rotacije noža, te do kontakta s raznim predmetima osim trave (kamenje, zemlja), što često dovodi do oštećenja noža. Kako bi se ta oštećenja spriječila i omogućila kvalitetna košnja, od noževa se zahtijevaju što bolja mehanička svojstva, odnosno što veća tvrdoća i otpornost na trošenje radi duljeg vijeka trajanja i kvalitetnijeg rada noža.

Materijali koji se koriste za proizvodnju noževa razlikuju se od proizvođača do proizvođača, a najčešće se koriste čelici za poboljšavanje sa 0,2...0,6% C, uz mali udio nečistoća ($< 0,0035\%$ P i S) koji se kako im i ime govori, podvrgavaju poboljšavanju, tj. kaljenju i visokotemperaturnom popuštanju radi postizanja visoke granice razvlačenja, vlačne čvrstoće, visoke žilavosti i dinamičke izdržljivosti. Često se koriste i čelici za površinsko kaljenje, koji se mogu vrlo uspješno površinski zakaliti, čime se postiže velika otpornost na trošenje i dinamička izdržljivost površinskih slojeva, te se tako produžuje vijek trajanja noževa, [32].

6. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE

U eksperimentalnom dijelu rada ispitat će se mikrostruktrura i kemijski sastav noža te njegove oštrice. Prikazane će biti slike, objašnjenja i rezultati kemijske analize osnovnog materijala noža, metalografske analize noža, SEM-a, EDS-a, tvrdoće po sredini i rubu noža.

6.1 Uzorak

Ispitivanja su provedena na standardnom nožu, tj. nožu sa srednje podignutim stražnjim dijelom lopatica, čija je širina reza 460 mm. Nož ima križni utor te 2 vanjska utora kojim se pričvršćuje za osovinu, a koristi se kod obične ručne motorne kosilice sa rotirajućim nožem koja je predviđena za košnju travnjaka površine 1200 m², [30].

Na slici 20. prikazan je novi, neupotrebljen nož, dok na ostalim slikama, od slike 21. do slike 25., prikazan je isti takav, ali nož koji se koristio 5 godina i na kojem su provedena ispitivanja.



Slika 20. Standardni nož širine reza 460 mm sa križnim utorom i 2 vanjska utora, [33]



Slika 21. Nož na kojem su provedena ispitivanja (prikazana je gornja strana, koja je okrenuta prema osovinu kosilice)



Slika 22. Gornja, lijeva strana noža



Slika 23. Donja, lijeva strana noža



Slika 24. Gornja, desna strana noža



Slika 25. Donja, desna strana noža

Nakon 5 godina korištenja, vidljivo je da su oštrice noža potrošene toliko da se više ni brušenjem i balansiranjem ne bi mogla omogućiti brza i učinkovita košnja. Također, trava je podosta oštetila stražnji dio lopatica, čime je onemogućeno pravilno i potpuno punjenje košare, kod kosilica s košarom, odnosno, vrlo je otežano bočno izbacivanje trave kod kosilica bez košare, čime dolazi do začepljenja kućišta noža.

6.2 Kemijska analiza uzorka

U Laboratoriju za analizu metala Fakulteta strojarstva i brodogradnje napravljena je kvantitativna kemijska analiza osnovnog materijala noža u svrhu određivanja kemijskog sastava. Kemijski sastav noža utvrđen je na optičkom emisijskom sprektometru GDS 850 (Glow Discharge Spectrometry), Leco.

“Glow Discharge” spektrometrija koristi niskotlačne, ne-toplinske procese u kojima je materijal uniformno raspoređen s površine uzorka strujanjem iona argona. Taj raspršeni materijal je tada atomiziran i potaknut u niskotlačnom pražnjenju plazme, daleko od površine uzorka. Ovaj instrument nudi spektralni raspon od 120 do 800 nm, [34].

6.2.1 Rezultati kemijske analize uzorka

Dobiveni rezultati kemijske analize prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Rezultati kemijske analize osnovnog materijala noža

oznaka uzorka	%								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
x	0,33	0,30	1,19	0,014	0,001	0,16	0,02	0,02	ostatak

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti se da se radi o čeliku G40Mn5, odnosno o čeliku koji pripada grupi čelika za poboljšavanje.

6.3 Skenirajući elektronski mikroskop (SEM)

Kod SEM-a, snop reflektiranih elektrona, tj. elektrona visoke energije, skenira po uzorku i izaziva niz reakcija s atomima na površini koju skenira. Detektori postavljeni u komori mikroskopa hvataju te elektrone i formiraju virtualnu sliku na ekranu koja pokazuje elementne kontraste, [35].

Kod SEM mikroskopa razlikuju se dvije vrste signala, [35]:

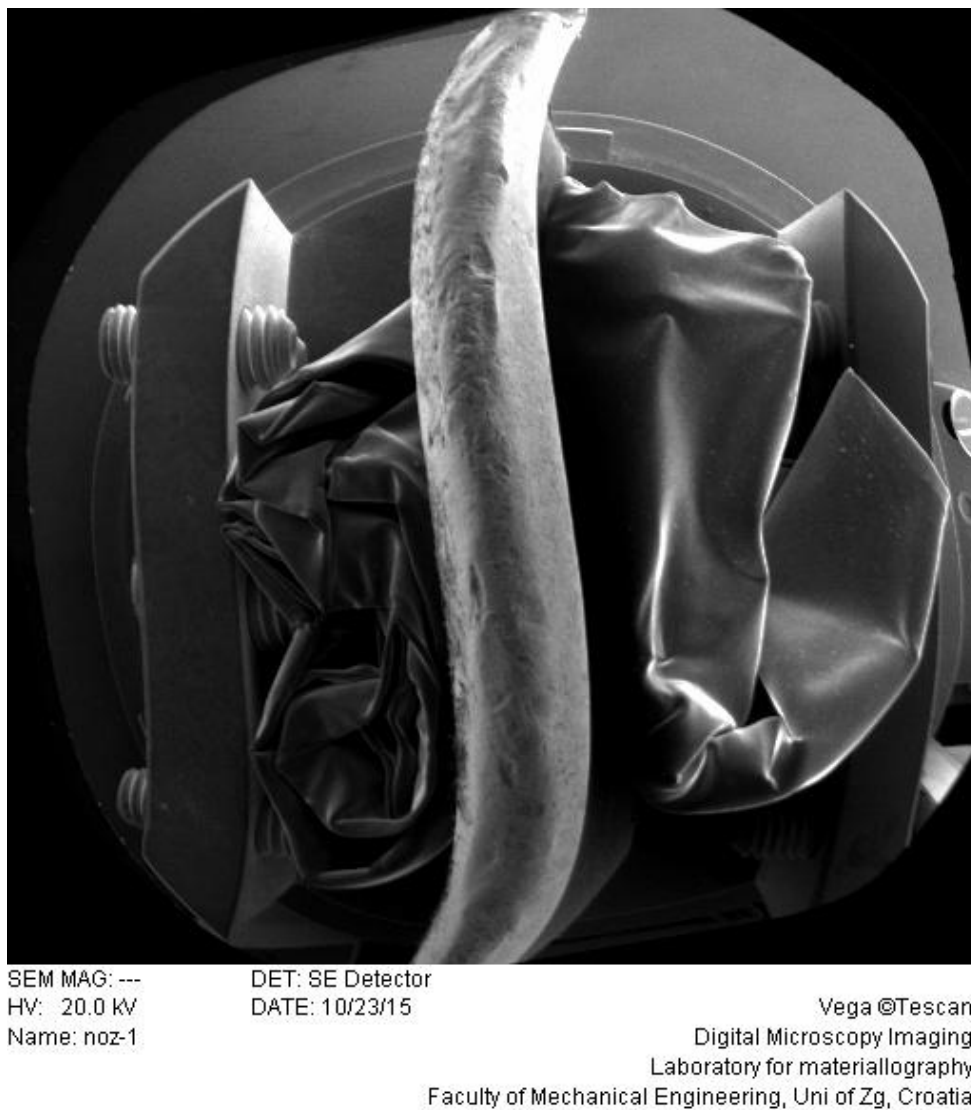
- sekundarni elektroni (SE)
- raspršeni “Backscattered”, elektroni (BSE)

Sekundarni elektroni (SE) elektroni su atoma koji su izbačeni uslijed interakcije s primarnim elektronima iz snopa. Općenito imaju vrlo malu energiju (po definiciji manju od 50 eV). Zbog te njihove male energije mogu iskočiti samo iz vrlo plitkog dijela površine uzorka. Kao rezultat daju najbolju rezoluciju slike.

Raspršeni elektroni (BSE) primarni su elektroni iz snopa koji su se odbili nazad od površine uzorka uslijed elastičnih međudjelovanja s jezgrom atoma iz uzorka. Imaju visoku energiju, koja (po definiciji) seže od 50 eV pa sve do napona koji imaju ubrzani elektroni iz snopa. Njihova viša energija rezultira većim opsegom interakcije i degradacijom rezolucije slike dobivene backscattered elektronima, [35].

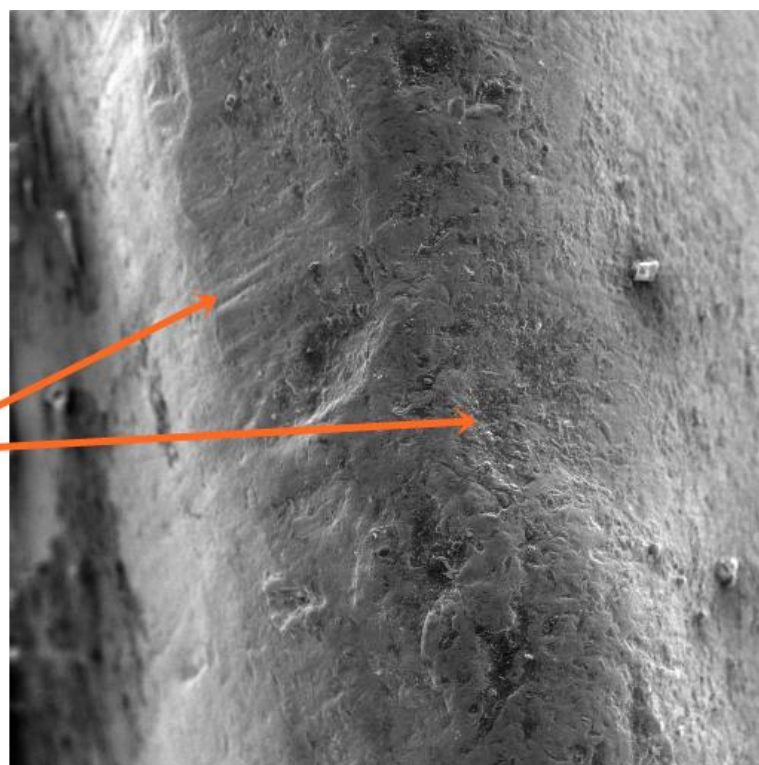
6.3.1 Rezultati SEM-a

Radi utvrđenja topografije uzorka, te mikroanalize kemijskog sastava, izvedena je i kvalitativna analiza na SEM-u (slika 26.), (TESCAN 5136mm VEGA) koji ima povećanje do 100 000X, a rezolucija mu iznosi 0,015 μm .



Slika 26. Pripremljeni uzorak na nosaču u komori SEM-u

tragovi trošenja

SEM MAG: 77 x
HV: 20.0 kV
Name: noz-2DET: SE Detector
DATE: 10/23/15

500 um

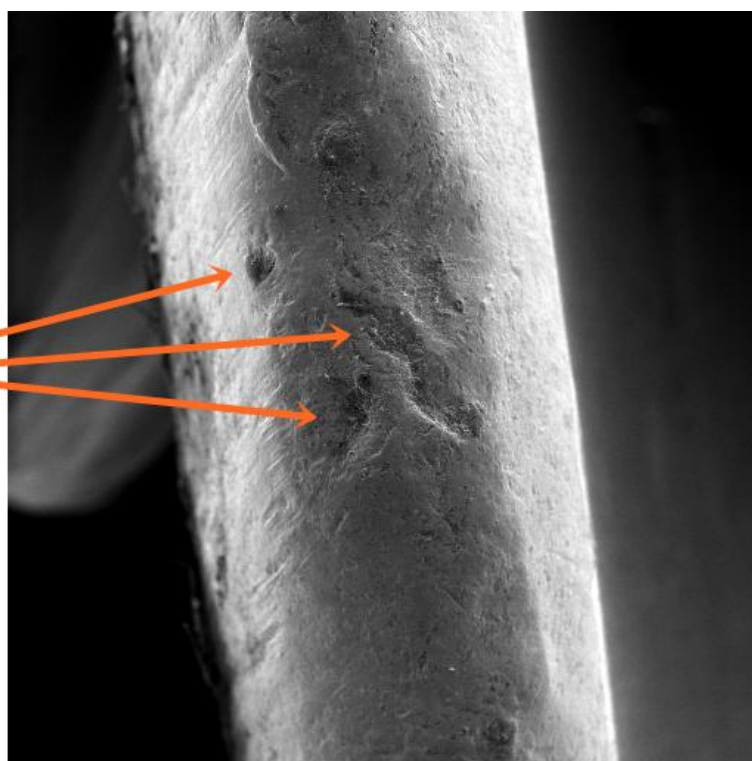
Vega ©Tescan

Digital Microscopy Imaging

Laboratory for materiallography

Faculty of Mechanical Engineering, Uni of Zg, Croatia

Slika 27. Prikaz oštrice noža snimljene na SEM-u

potrošeni dijelovi
oštrice nožaSEM MAG: 34 x
HV: 20.0 kV
Name: noz-3DET: SE Detector
DATE: 10/23/15

2 mm

Vega ©Tescan

Digital Microscopy Imaging

Laboratory for materiallography

Faculty of Mechanical Engineering, Uni of Zg, Croatia

Slika 28. Prikaz oštrice noža snimljene na SEM-u

Na slici 27. i slici 28. uočljivi su tragovi trošenja na oštirci noža te potrošeni dijelovi oštrice noža.

6.4 Analiza mikrostrukture

Svojstva čelika, kao i drugih metalnih materijala, ovise o njihovoj mikrostrukturi. Uvid u mikrostrukturu omogućava metalografska analiza, tj. analiza mikrostrukture. Na kvalitetno pripremljenom metalografskom uzorku, uz pomoć svjetlosnog mikroskopa te uz određeno znanje i iskustvo, može se otkriti i interpretirati mikrostruktura različitih metalnih materijala. Na temelju analize mikrostrukture mogu se donijeti važni zaključci o ponašanju materijala u određenim uvjetima primjene.

6.4.1 Priprema uzorka

Uobičajen tijek metalografske pripreme i analize uzorka je, [36]:

- rezanje uzorka
 - ulijevanje uzorka
 - brušenje uzorka
 - poliranje uzorka
- analiza mikrostrukture u poliranom stanju
- nagrizanje
- analiza mikrostrukture u nagriženom stanju

Svaki od navedenih postupaka strogo je normiran i provodi se po standardima za određenu vrstu materijala koju je potrebno analizirati.

Iz standardnog noža izrezala su se 2 uzorka, komadić sredine noža, tj. uzorak 1 i komadić desne lopatice noža, tj. uzorak 2, (slika 29.). Nakon izrezivanja, uzorci su se zalili (radi lakšeg analiziranja i rukovanja), izbrusili (kako bi se skinuo sloj prljavštine, oksida, i plinova) i zatim ispolirali (radi dobivanja površine uzorka prikladne za daljnje ispitivanje).



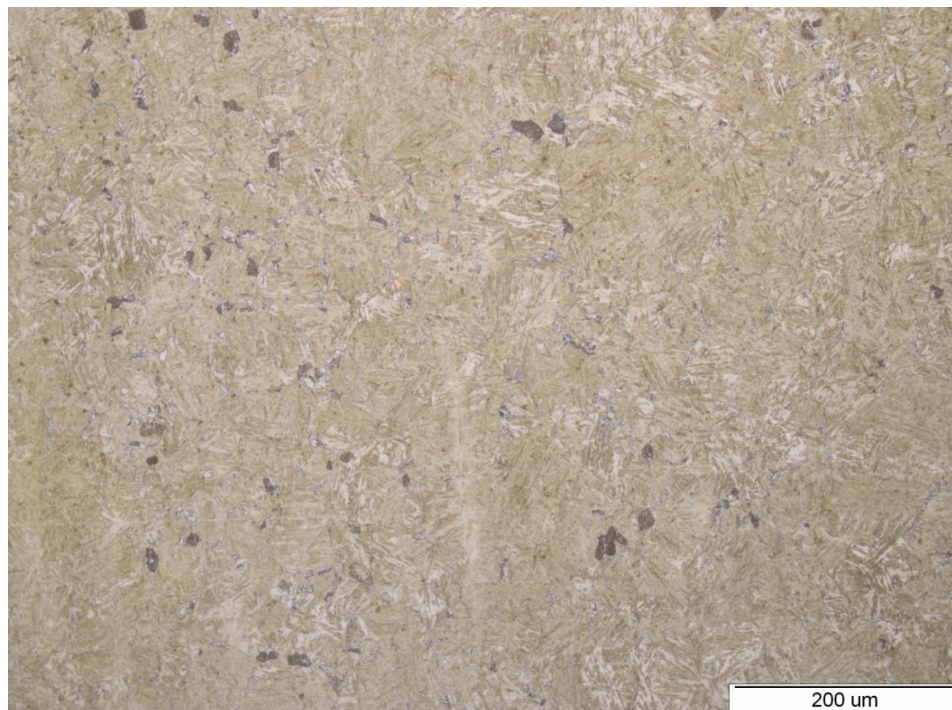
Slika 29. Prikaz uzorka 1 i uzorka 2 za daljnju analizu

Slijedilo je nagrizanje uzoraka koje je provedeno s NITAL-om (smjesa 3% HNO_3 u alkoholu) kako bi se što bolje vidjela mikrostruktura uzorka. Nagrizanje je trajalo 30 sekundi, nakon čega je uzorak ispiran vodom i alkoholom.

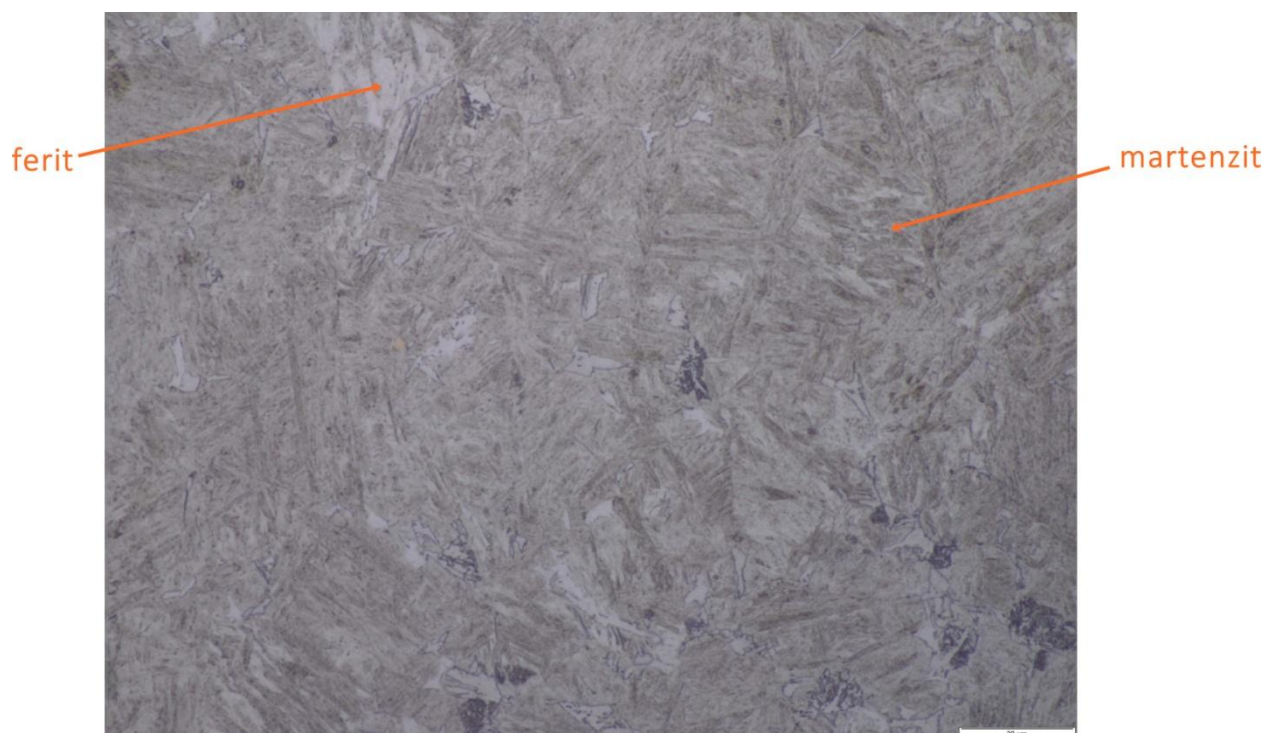
6.4.2 Analiza na svjetlosnom mikroskopu

Nakon nagrivanja, na uzorku 1 i uzorku 2 provedena je kvalitativna analiza putem svjetlosnog mikroskopa (Olympus GX51).

Na svjetlosnom mikroskopu približno su određene faze koje se nalaze u sastavu danih uzoraka.

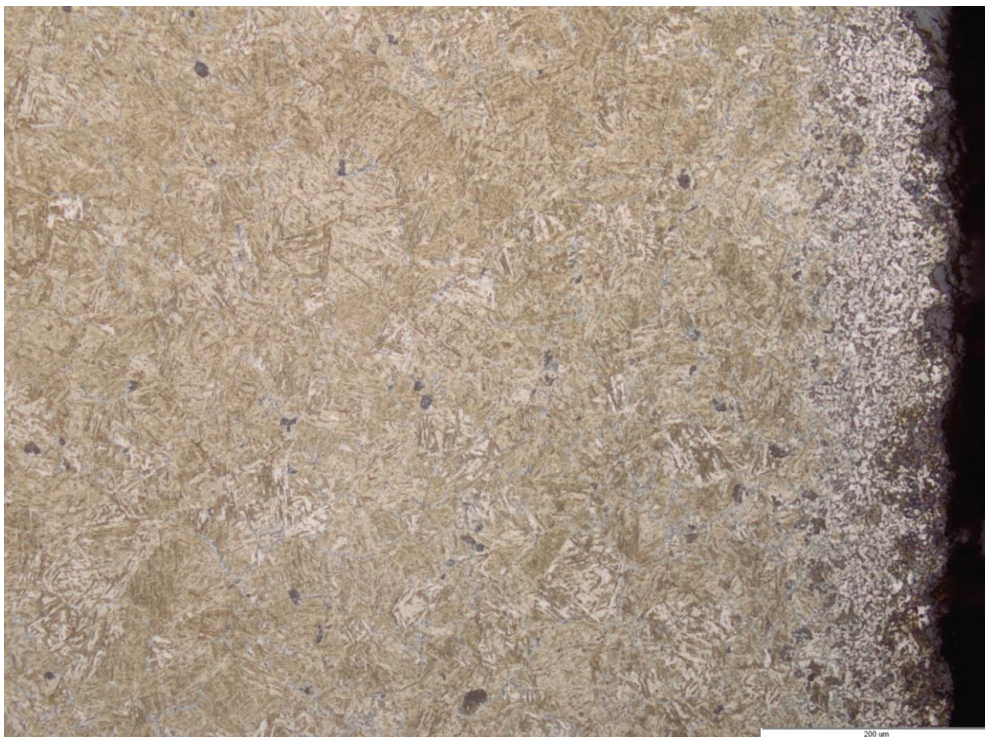


Slika 30. Mikrostruktura sredine uzorka 1 u nagrivenom stanju, povećanje 200x

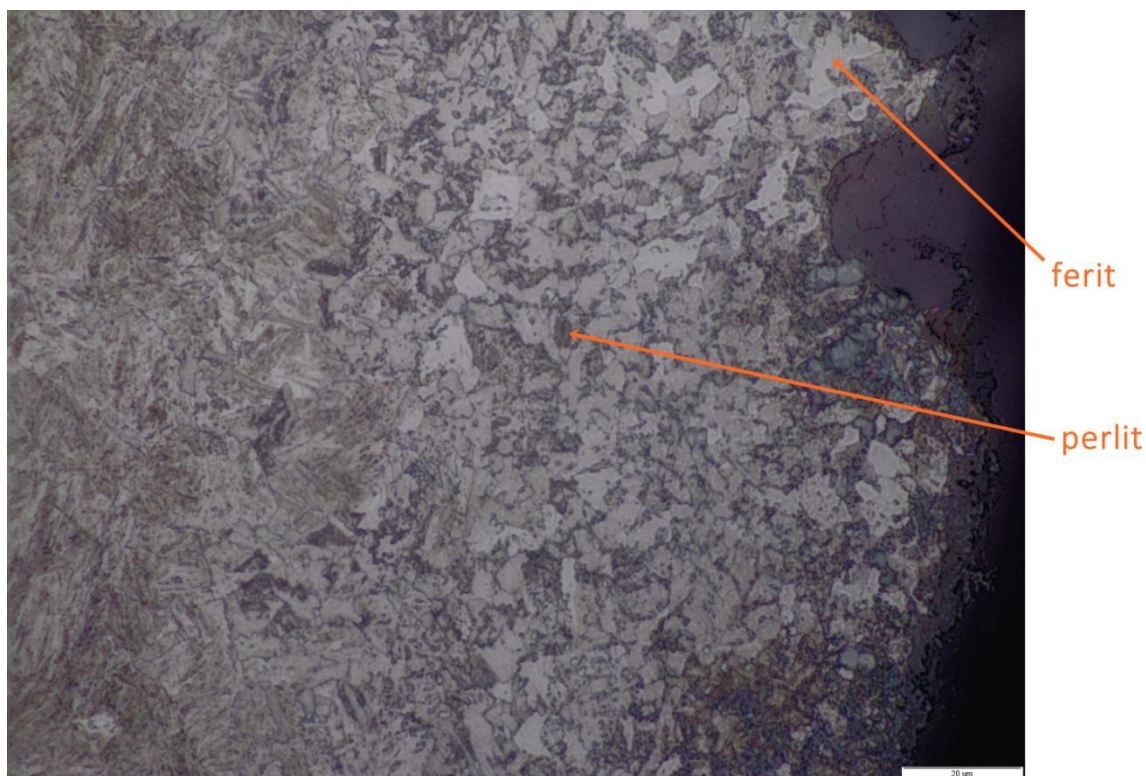


Slika 31. Mikrostruktura sredine uzorka 1 u nagrivenom stanju, povećanje 1000x

Analizom slika sredine uzorka 1 pri povećanju od 200x (slika 30.) i 1000x (slika 31.) te usporedbom sa metalurškim atlasom [37], mikrostruktura sredine noža sastoji se od popuštenog martenzita i dijelova ferita.



Slika 32. Mikrostruktura ruba uzorka 1 u nagriženom stanju, povećanje 200x



Slika 33. Mikrostruktura ruba uzorka 1 u nagriženom stanju, povećanje 1000x

Analizom slika ruba uzorka 1 pri povećanju od 200x (slika 32.) i 1000x (slika 33.), na rubnom dijelu sredine noža prisutna je feritno-perlitna mikrostruktura.



Slika 34. Mikrostruktura uzorka 2 u nagriženom stanju, povećanje 500x

Analizom slike uzorka 2 pri povećanju od 500x (slika 34.) te usporedbom sa metalurškim atlasom [37], mikrostruktura lopatice noža sastoji se od popuštenog martenzita i dijelova ferita.

Prema dobivenoj analizi, vidljivo je da osnovni materijal uzorka 1 i uzorka 2 čelik popuštene martenzitne mikrostrukture sa dijelovima ferita dok se na rubu uzorka 1 javlja feritno-perlitna mikrostruktura.

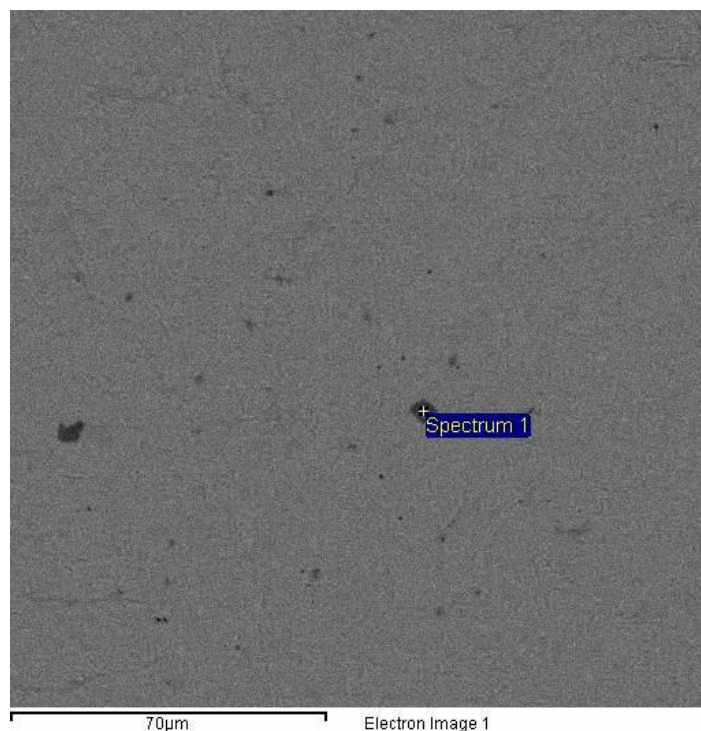
6.5 Energy Dispersive Spectrometry (EDS) mikroanaliza

Kada ubrzani elektron, uglavnom iz snopa elektrona, "izbije" elektron iz unutarnje ljuske istog atoma, nastaju X-zrake. Elektron iz vanjske ljuske, s višom energijom, tada popunjava upražnjeno mjesto i otpušta "višak" energije u obliku fotona X-zrake. Spektrometar X-zraka prikuplja te X-zrake, broji ih i sortira, uobičajeno na temelju energije (Energy Dispersive Spectrometry – EDS). Dobiveni spektar iscrtava broj X-zraka, na okomitoj osi, nasuprot energiji, na vodoravnoj osi. Vrhovi na spektru odgovaraju elementima prisutnim u uzorcima. Visina vrha energije na spektru označava koji je element u pitanju. Broj signala u određenom vrhu na spektru označava udio elementa u analiziranom dijelu uzorka, [35].

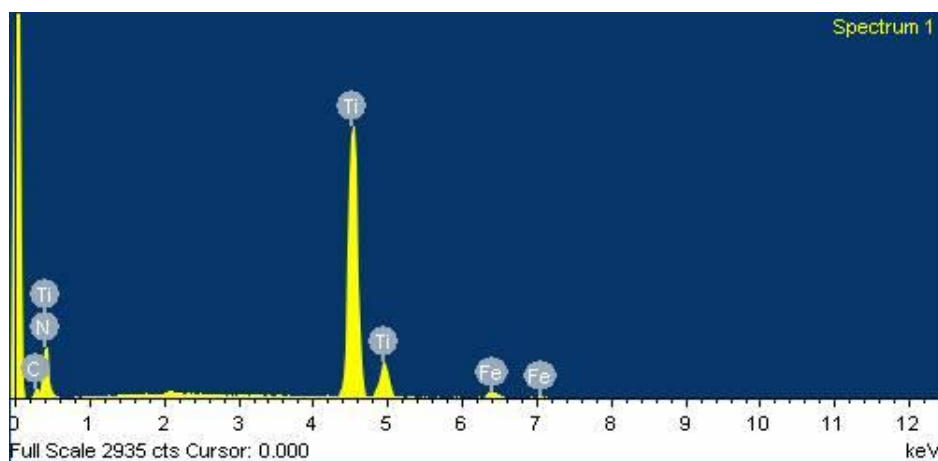
6.5.1 Rezultati EDS-a

Mikrokemijska analiza izvedena je pomoću EDS detektora koji je odredio spektar elemenata na određenom mikropodručju.

Ispitivanje je provedeno na nekoliko pozicija na uzorku 1 (slika 35. do slika 40.).



Slika 35. EDS analiza uzorka 1 (spektar 1)

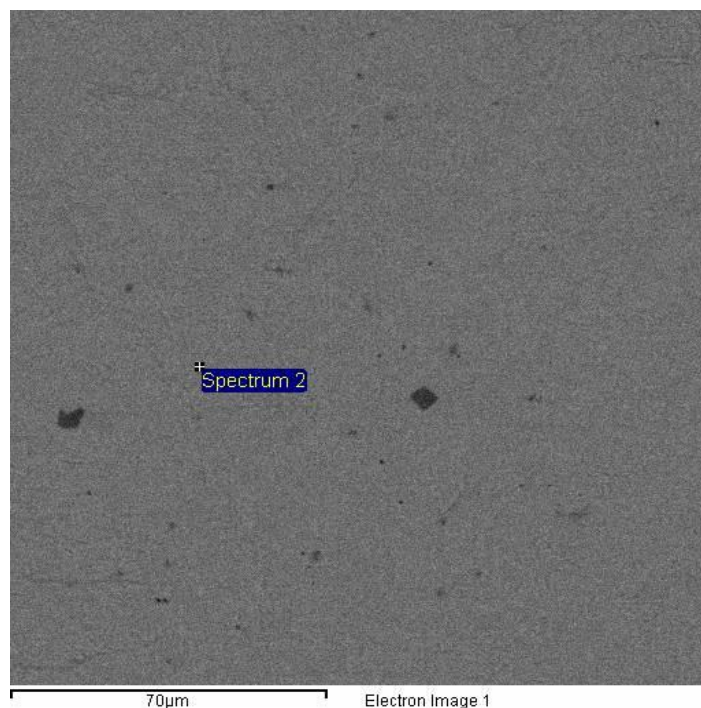


Slika 36. Prikaz kemijskih elemenata (spektar 1)

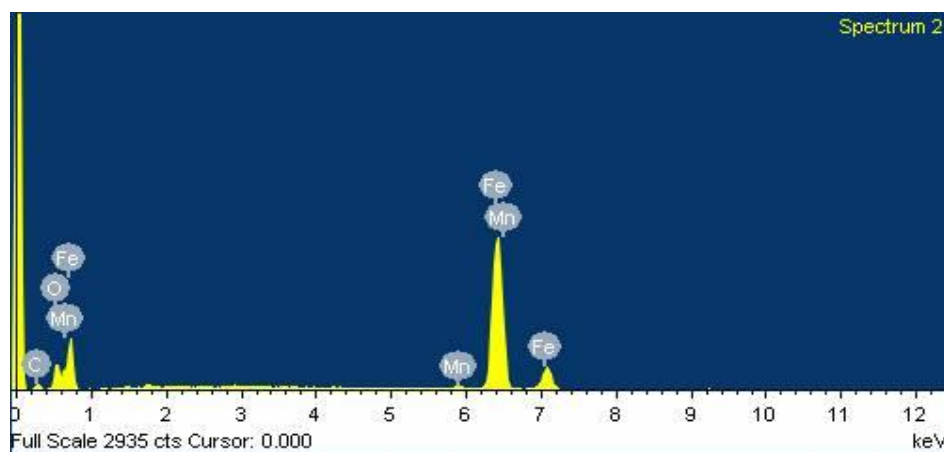
Tablica 2. Atomi i maseni udio elemenata uzorka 1 (spektar 1)

Element	Weight%	Atomic%
C K	5.43	12.64
N K	22.95	45.81
Ti K	68.62	40.05
Fe K	3.00	1.50
Totals	100.00	

Analizom spektra 1, tj. analizom mikrostrukture cijele površine uzorka uočene su pojedine crne čestice. EDS analiza pokazala je da analizirana crna čestica sadrži najviše titana i dušika.



Slika 37. EDS analiza uzorka 1 (spektar 2)

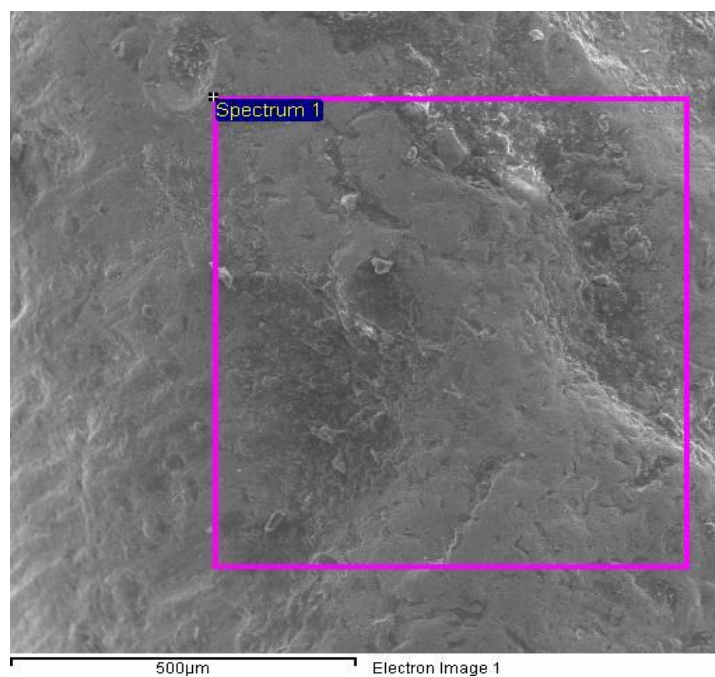


Slika 38. Prikaz kemijskih elemenata (spektar 2)

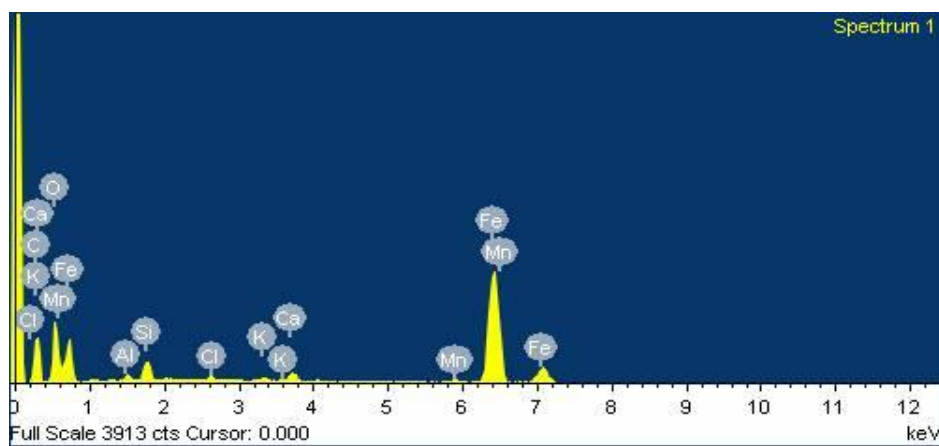
Tablica 3. Atomski i maseni udio elemenata uzorka 1 (spektar 2)

Element	Weight%	Atomic%
C K	6.27	20.39
O K	8.06	19.68
Mn K	1.22	0.87
Fe K	84.45	59.06
Totals	100.00	

Kod spektra 2 analizirana je manja čestica i EDS analiza pokazala je da kod te čestice najveći udio čine željezo i kisik.



Slika 39. EDS analiza oštrice noža



Slika 40. Prikaz kemijskih elemenata oštrice noža

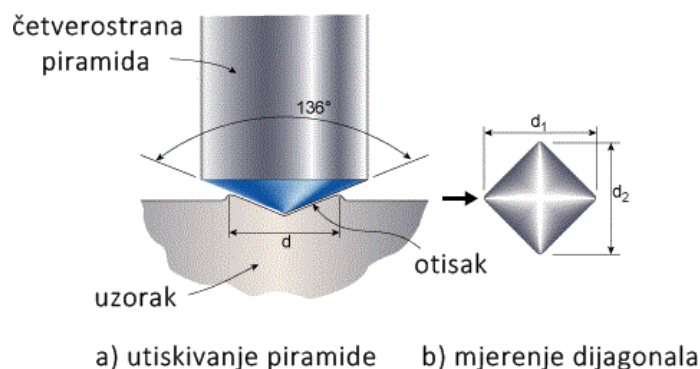
Tablica 4. Atomski i maseni udio elemenata oštrice noža

Element	Weight%	Atomic%
C K	32.70	55.16
O K	21.35	27.03
Al K	0.56	0.42
Si K	1.86	1.34
Cl K	0.27	0.16
K K	0.33	0.17
Ca K	0.98	0.50
Mn K	0.62	0.23
Fe K	41.32	14.99
Totals	100.00	

EDS analizom trošenog dijela noža, uočeno je da je najvećim udjelom prisutan ugljik. Iako je nož temeljito očišćen, za pretpostaviti je da na njemu ima ostatka naslaga što utječe na visok udio ugljika. U većem udjelu prisutan je i kisik, silicij, kalcij, a u manjim količinama aluminij, kalij i mangan na čije udjele utječe prisutstvo medija (trava, zemlja) u kojem je nož bio.

6.6 Mjerenje tvrdoće

Tvrdoća je posredno mjerena na univerzalnom tvrdomjeru po Vickers metodi, tako da se u površinu ispitnog materijala utiskuje četverostrana dijamantna piramida s kutom od 136° proizvoljnom silom F (slika 40.), [38].



Slika 41. Vickersova metoda, [39]

6.6.1 Rezultati mjerenja tvrdoće

Dobiveni rezultati oduzimaju se, tako da se desni vrh oduzima od lijevog, odnosno oduzima se veći vrh od manjeg, te se dobivena vrijednost množi sa faktorom povećanja, $m=0,302$, pri čemu se dobiva stvarni d , za kojeg se tvrdoća očitava iz tablice za HV0,2 (obzirom na to da je za ispitivanje korišteno opterećenje od 200 g).

Tvrdoća je mjerena na osnovnom materijalu, tj. uzorku 1 i to na sredini i na rubu uzorka. Mjerenje je za svako područje ponovljeno 3 puta.

Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 5. i tablici 6.

Tablica 5. Rezultati mjerenja sredine uzorka 1

broj mjerenja	HV0,2
1	415
2	512
3	524
Σ	484

Srednja vrijednost tvrdoće sredine uzorka je 484HV0,2.

Iz dobivenih vrijednosti tvrdoće može se zaključiti da tvrdoća sredine uzorka odgovara martenzitnoj mikrostrukturi, koja je vidljiva na slici 31.

Tablica 6. Rezultati mjerenja ruba uzorka 1

broj mjerenja	HV0,2
1	216
2	210
3	176
Σ	201

Srednja vrijednost tvrdoće ruba uzorka je 201HV0,2.

Vidljivo je da je vrijednost tvrdoće na rubu značajno niža od vrijednosti tvrdoće sredine uzorka, i ta vrijednost tvrdoće odgovara feritno-perlitnoj mikrostrukturi (slika 33.) koja je prisutna na rubu uzorka noža.

7. ZAKLJUČAK

Kod česte košnje travnjaka, dolazi do bržeg trošenja oštrice noža. Iako trava ne predstavlja tako veliku opasnost, čestim nailaskom na zemlju, krtičnjak ili kamen, oštrica se brže troši, dolazi do otkidanja djelića oštrice, a također, trava vrlo često uzrokuje i značajno oštećenje noža čime on postaje neprimjenjiv za daljnu uporabu, što se moglo uočiti i na ispitivanom uzorku.

Nakon detaljno provedenih kvalitativnih i kvantitativnih analiza, zaključuje se da je osnovni materijal noža čelik za poboljšanje G40Mn5 popuštene martenzitne mikrostrukture, tvrdoće 484HV0,2, s uočenim promjenama na rubu sredine noža gdje je prisutna feritno-perlitna mikrostruktura, tvrdoće 201HV0,2.

Pretpostavlja se da je do promjene mikrostrukture odnosno pojave feritno-perlitno mikrostrukture, došlo radi grijanja noža plinskim plamenom, ali kovanjem u svrhu oštrenja radnog dijela noža odnosno oštrice noža, mekani sloj na većinskom dijelu noža se „skinuo“.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.oldlawnmowerclub.co.uk/aboutmowers/history>
- [2] <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/14/68/88/146888156aef33a150a52095a1caaea.jpg>
- [3] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=33318>
- [4] <http://www.napravi-sam.com/clanci/strojevi-za-ogradu-vrta-kosilice/>
- [5] <http://cdn.gardena.com/dimage.axd/productLarge/ga310-0107/600x400/kosilica-300-4a68162c.jpg>
- [6] <http://www.kako.hr/clanak/kako-radi-kosilica-kratko-i-jasno-1815.html>
- [7] <http://www.unikomerc-uvoz.hr/>
- [8] <http://fatur.hr/wp-content/uploads/2014/09/trimer-solo104l.jpg>
- [9] <http://www.ealati.hr/proizvod/solo-motorni-trimer-za-travu-142/>
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Mower_blade
- [11] <https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/ec2cefbee696f0b2a6bc838d604884de/large.JPG>
- [12] http://www.ereplacementparts.com/article/2212/Lawn_Mower_Blade_Measurements_and_Types.html
- [13] <http://www.chbcesi.com/agromotoshop/slike/asv3410.jpg>
- [14] <http://www.chbcesi.com/agromotoshop/slike/asv3415.jpg>
- [15] <https://weingartz.com/expert-advice/tag/types-of-lawn-mower-blades/>
- [16] <http://www.expressmowerparts.com/v/vspfiles/photos/91-400-2.jpg>
- [17] <http://www.expressmowerparts.com/v/vspfiles/photos/600900-2.jpg>
- [18] <http://www.scag.com/bladerecommendation.html>
- [19] [http://i.ebayimg.com/00/s/NDgwWDY0MA==/z/~tMAAOSwpDdVN~69/\\$_14.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/NDgwWDY0MA==/z/~tMAAOSwpDdVN~69/$_14.JPG)
- [20] <http://homeguides.sfgate.com/difference-between-high-lift-low-lift-mower-blades-89764.html>
- [21] <http://www.scag.com/images/blade-elim-600.jpg>
- [22] <http://www.napravi-sam.com/clanci/kako-namotati-najlon-na-kalem-trimera-za-kosnju-trave/>

- [23] http://www.takolako.rs/user/include/takolako/images/items/villager_silk_za_trimer_20lb_2_7_mm_x_1431_m_okrugla_nit.jpg
- [24] http://shop.motorama.hr/glave-trimera-rezna-nit-nozevi-stitnici/nozevi-trimere-cistace-c-163_582_591.html
- [25] <http://www.svezakucu.rs/www/pics/items/portal/big/33386.jpg>
- [26] <http://www.svezakucu.rs/www/pics/items/portal/big/33388.jpg>
- [27] K. Grilec, I. Ivušić; Tribologija; Fakultet strojarstva i brodogradnje; Zagreb; 2011. Tribologija
- [28] <http://www.freezastoikako.com/2013/08/kako-ispravno-kositi-vrtnom-kosilicom.html>
- [29] <http://www.google.com/patents/CA1226859A1?cl=en>
- [30] <http://unikomerc-uvoz.hr/katalozi/viking2015/index.html>
- [31] <http://wolfandiron.com/wp-content/uploads/2015/03/Sharpen-Mower-Blade-Needs-Sharpening.jpg>
- [32] T. Filetin, F. Kovačiček, J. Indof; Svojstva i primjena materijala; Fakultet strojarstva i brodogradnje; Zagreb; 2006.
- [33] <http://pilarmet.eu/opis/515756/noz-viking-mb-448-mb-460-mb-465-45-cm.html#opinions>
- [34] <http://www.leco.com/products/analytical-sciences/glow-discharge-atomic-emission-spectroscopy/gds850>
- [35] G. Mršić, S. Žugaj; Analiza GSR čestica upotrebom elektronskog mikroskopa (SEM/EDX); stručni članak; Zagreb; 2007.
- [36] https://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1381831172-0-ssnc_3_vjezba.pdf
- [37] Metals Handbook, 8th Edition, vol. 9, Atlas of microstructures of Industrial Alloys, ASM International, Ohio, USA
- [38] B. Kraut; Strojarski priručnik; Tehnička knjiga; Zagreb; 1987.
- [39] <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/hardness-testing-part-1-074/>